

**Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad, sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 10.

Es sind, z. B. aus DE 100 58 140 A1, Verfahren zur indirekten Reifendruckverlusterkennung (DDS) bekannt die auf einer Messung von Abrollradien der Räder eines Fahrzeugs basieren. Aus diesen Messgrößen werden Verhältnisse gebildet. Diese werden gelernt und dienen anschließend als Referenzwerte. Abweichungen davon werden als Reifendruckverlust interpretiert.

In der DE 100 44 114 A1 ist ein weiteres Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung eines Druckverlustes von Reifen in Kraftfahrzeugen mit Plausibilitätsprüfung beschrieben. Die in dieser Schrift bestimmten Referenzwerte zur Erkennung eines Druckverlustes werden durch die Plausibilitätsprüfung überprüft um Fehlwarnungen zu vermeiden bzw. zu minimieren.

In der WO 2000006433 A1 ist ein Verfahren zur Schlechtwegererkennung beschrieben, welches zur Fahrzeuggeschwindigkeitsregelung eingesetzt wird.

Ein Nachteil dieser bekannten indirekten Druckverlusterkennungsverfahren ist, dass diese Verfahren immer auf Abweichungen der einzelnen Räder untereinander aufbauen, wodurch ein Druckverlust an mehr als an einem Reifen nicht immer erkennbar ist. Speziell die Erkennung von Druckverlusten an mehreren bzw. allen Reifen ist damit nicht immer möglich.

Weiterhin sind Verfahren bekannt, welche mit Hilfe einer Frequenzanalyse eine Reifendruckverlusterkennung durchführen.

Hierbei wird eine Verschiebung von Maxima im Frequenzspektrum als Reifendruckverlust interpretiert. Dieser Lösungsansatz ist sehr rechenintensiv und benötigt hohe Ressourcen an Arbeitsspeicher (RAM).

Daher ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, welches eine kostengünstige und sichere Erkennung von Druckverlusten auch an mehreren bzw. allen Rädern ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Bevorzugt wird die Radbeschleunigung innerhalb einer vorbestimmten Zeit für alle vier Räder beobachtet und Abweichungen in der Radbeschleunigung ausgewertet. Die Auswertung der Radbeschleunigung erfolgt hierbei bevorzugt nur, wenn bestimmte Fahrmanöver bzw. Fahrzustände vorliegen. Als ein besonders bevorzugter Fahrzustand wird eine Geradeausfahrt angesehen. Die Erkennung einer Geradeausfahrt erfolgt bevorzugt durch die Auswertung von Fahrparametern wie beispielsweise Querbefleunigung des Fahrzeugs, Längsbefleunigung des Fahrzeugs, Gierrate, Radmomente, etc. Diese Fahrparameter können mittels Sensoren gemessen oder aus anderen Größen berechnet werden. Teilweise können diese Fahrparameter von einem Fahrzeugdatenbus (CAN) abgefragt werden, wo sie auch anderen Systemen wie beispielsweise einem Antiblockiersystem (ABS) oder einer Traktionskontrolle (TCS) oder einem elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP) zur Verfügung stehen.

Weiterhin ist bevorzugt, dass die Auswertung der Radbeschleunigung erst ab einer Fahrzeugmindestgeschwindigkeit erfolgt. Vorzugsweise erfolgt die Auswertung der Radbeschleunigung nur, wenn die Fahrparameter unterhalb gewisser Grenzwerte liegen, welche eine Geradeausfahrt beschreiben.

Aus dem Minimum und dem Maximum der Radbeschleunigung wird bevorzugt für jedes Fahrzeugrad eine Differenz gebildet. Weiterhin ist bevorzugt, dass anstatt der Differenz der Betrag oder nur die positiven bzw. negativen Beschleunigungswerte von Maximum und Minimum gebildet und ausgewertet werden.

Vorzugsweise wird aus der Differenz jedes einzelnen Fahrzeugrades ein Referenzwert gebildet, welcher ganz besonders bevorzugt einen arithmetischen Mittelwert der Differenz über eine Zeit T1 oder einen gefilterten Wert der Differenz darstellt. Dieser gefilterte Wert wird bevorzugt aus einer Filterung erster Ordnung gewonnen.

Der Grenzwert THRESH 1 wird bevorzugt abhängig vom am Fahrzeugrad anliegenden Radmoment festgelegt. Besonders bevorzugt werden unterschiedliche Grenzwerte THRESH 1 für eine angetriebene Achse und eine freirollende Achse festgelegt.

Eine Warnung an den Fahrzeugführer wird vorzugsweise unterdrückt, wenn ein Fahrzeugrad den Grenzwert THRESH 1 überschritten hat und mindestens ein weiteres Fahrzeugrad einen zweiten Grenzwert THRESH 2 überschritten hat.

Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zusammen mit einem bekannten indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystem (DDS) und/oder einem bekannten direkt messenden Reifendrucküberwachungssystem (TPMS) eingesetzt, wobei dieses nur zur ergänzenden Betrachtung oder Verbesserung bekannten indirekt messenden Reifendrucküberwachungssystem (DDS) und/oder einem bekannten direkt messenden Reifendrucküberwachungssystem (TPMS) herangezogen wird.

Weitere Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor. Die Erfindung wird anhand der dreier Figuren beschrieben. In den Figuren zeigen:

- Fig. 1 die Radbeschleunigung über der Zeit,
- Fig. 2 das Radmoment über der Fahrzeuggeschwindigkeit und
- Fig. 3 die Differenz `Sample_acc` über der Zeit.

In Fig. 1 stellt Kurve 1 einen möglichen Verlauf der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  eines Fahrzeugrades über der Zeit  $t$  dar. Die Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  wird jeweils über Zeitintervalle  $T_0$  beobachtet und eine Differenz `Sample_acc` gebildet, welche aus dem Maximum  $\text{Max}_i$  und dem Minimum  $\text{Min}_i$  eines jeden Rades  $i$  innerhalb dieses Zeitintervalls  $T_0$  besteht. Über eine Zeit  $T_1$ , welche mehrere Zeitintervalle  $T_0$  umfasst, wird ein Referenzwert `Ref_DIFF` für die Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  jedes einzelnen Rades  $i$  ermittelt und abgelegt.

In Fig. 2 ist das Radmoment  $M$  eines Fahrzeugrades gegen die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  aufgetragen. Da die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  nicht nur von dem Radmoment  $M$ , sondern auch von anderen Parametern wie beispielsweise dem Reibwert zwischen Fahrbahn und Reifen abhängig ist, werden sogenannte Radmomentenbereiche, wie durch Kurve 2 und 3 dargestellt, gebildet. Die Radmomentenbereiche beschreiben hierbei zu jeder Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  einen gültigen Bereich in dem ein Radmoment  $M$  eines intakten Fahrzeugrades liegen kann. Liegt ein Radmoment  $M$  bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  außerhalb des gültigen Bereichs, so deutet dies darauf hin, dass beispielsweise ein Reifendefekt vorliegt. Kurve 2 beschreibt hierbei den gültigen Radmomentenbereich eines angetriebenen Fahrzeugrades über der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ , wohingegen Kurve 3 einen typischen Verlauf des Radmomentenbereichs eines freirollenden bzw. nicht-angetriebenen Fahrzeugrades einer angetriebenen Achse über der

Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  darstellt. Dieses Verfahren lässt sich sowohl für ein Fahrzeug mit einer angetriebenen Achse, als auch für ein Fahrzeug mit zwei angetriebenen Achsen einsetzen. Bei sperrbaren Differentialen wird die Radmomentenverteilung in Abhängigkeit vom Sperrgrad berechnet. Dieser liegt entweder auf dem Fahrzeugdatenbus (CAN) vor, oder kann aus den Raddrehzahl-differenzen z. B. bei Kurvenfahrt durch Vergleich Gierrate/ Querb beschleunigung mit den gemessenen Werten beziehungsweise in Längsrichtung durch Vergleich des Schlupfs an den Vorderrädern im Vergleich mit den Hinterrädern als Funktion des Radmomentes ermittelt werden.

Die Differenz  $\text{Sample\_acc}$  der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  ist in Fig. 3 gegen die Zeit  $t$  aufgetragen. Fig. 3a stellt durch Kurve 4 einen möglichen Verlauf einer Differenz  $\text{Sample\_acc1}$  eines Rades über der Zeit  $t$  ohne Überschreitung eines Grenzwertes THRESH 1 oder THRESH 2 dar. In Fig. 3b übersteigt die durch Kurve 5 dargestellte Differenz  $\text{Sample\_acc2}$  eines Rades die Grenzwerte THRESH 1 und THRESH 2. In Fig. 3c übersteigt ebenfalls eine durch Kurve 6 dargestellte Differenz  $\text{Sample\_acc3}$  eines Rades die Grenzwerte THRESH 1 und THRESH 2, wohingegen eine Differenz  $\text{Sample\_acc4}$  eines anderen Rades, dargestellt durch Kurve 7, nur den Grenzwert THRESH2 übersteigt.

Im folgenden wird ein Beispiel für das erfindungsgemäße Verfahren anhand einzelner Schritte unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 beschrieben.

- 1) Es wird eine Auswahl von Fahrmanövern definiert, welche eine Auswertung zulassen (z. B. alle DDS-relevanten Fahrmanöver wie beispielsweise eine Geradeausfahrt). Die Erkennung einer Geradeausfahrt erfolgt durch Auswertung von Fahrparameter wie beispielsweise Querb beschleunigung, Längsb beschleunigung, Gierrate, Radmomente, etc. Diese

Fahrparameter können sensorisch erfasst, aus anderen Größen berechnet oder von einem Fahrzeugdatenbus (CAN) abgefragt werden, wo diese Fahrparameter bereits von anderen System wie einem Antiblockiersystem (ABS), einer Traktionskontrolle (TCS) oder einem elektronischen Stabilitätsprogramm (ESP) bereitgestellt oder ebenfalls genutzt werden. Die Auswertung der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  erfolgt erst ab einer Fahrzeugmindestgeschwindigkeit von etwa 15 km/h.

- 2) über ein Zeitintervall  $T_0$  wird das Maximum  $\text{MAX}_i$  und das Minimum  $\text{MIN}_i$  der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  (Siehe Fig. 1) eines Rades  $i$  ermittelt. Dies erfolgt für alle  $n$  Räder des Fahrzeugs
- 3) Es wird die Differenz, oder der Betrag oder nur die positiven bzw. negativen Beschleunigungswerte von Maximum und Minimum gebildet und ausgewertet:
- 4)  $\text{Sample\_acc} = \text{MAX}_i - \text{MIN}_i$
- 5) Es wird diese Differenz  $\text{Sample\_acc}$  über eine Zeit  $T_1$ , welche sich über mehrere Zeitintervalle  $T_0$  erstreckt, beobachtet und ein Referenzwert  $\text{Ref\_DIFF}$  hierfür abgelegt. Das kann der arithmetische Mittelwert oder ein gefilterter Wert, z. B. durch einen Filter erster Ordnung, sein.
- 6) Es wird die Differenz  $\text{Sample\_acc}$  (siehe Fig. 3) weiter beobachtet und bei Überschreiten eines radmomentenabhängigen Grenzwertes  $\text{THRESH1}$  wird erst nach statistischen Absicherung, dies kann z. B. eine hinreichend kleine Standardabweichung sein, eine Warnung ausgegeben.

- 7) Es finden Plausibilisierungen statt, so dass Warnungen unterdrückt werden, falls andere Mechanismen beispielsweise einen Schlechtweg erkannt haben oder alle 4 Räder einen Grenzwert THRESH2 (siehe Fig. 3), welcher kleiner als der radmomentenabhängige Grenzwert THRESH 1 ist, überschreiten.
- 8) Zudem können in einer weiteren Ausprägung der Erfindung die Grenzwerte THRESH 2 für jedes Rad individuell oder paarweise, jeweils die angetriebenen bzw. die nichtangetriebenen Räder, gesetzt werden. Weiterhin werden getrennte Auswahlkriterien für THRESH1 gesetzt in Abhängigkeit davon, ob gerade ein Moment an diesem Rad anliegt oder nicht.

Es werden alle oder Teile von Unterdrückungsmechanismen verwendet, welche bereits aus anderen Systemen vorliegen (z. B. eines indirekten Reifendruckverlusterkennungssystems, ABS, TCS, ESP, usw.)

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zum Ermitteln des Druckverlustes verwendete/n Kenngröße/n im wesentlichen aus der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  abgeleitet wird/werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Auswertung der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  nur bei bestimmten Fahrmanövern bzw. Fahrzuständen, insbesondere bei einer Geradeausfahrt, durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass über ein vorbestimmtes Zeitintervall  $T_0$  das Minimum  $\text{Min}_i$  und das Maximum  $\text{Max}_i$  der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  jedes einzelnen Fahrzeugrades ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Minimum  $\text{Min}_i$  und dem Maximum  $\text{Max}_i$  der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  eine Differenz  $\text{Sample\_acc}$  gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Referenzwert  $\text{Ref\_DIFF}$  über eine Zeit  $T_1$ , welche sich über mehrere Zeitintervalle  $T_0$  erstreckt, aus den Differenzen  $\text{Sample\_acc}$  der einzelnen Zeitintervalle  $T_0$  gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreitung eines ersten Grenzwertes  $\text{THRESH}_1$  durch die Differenz  $\text{Sample\_acc}$  eine Warnung ausgegeben wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Warnung unterdrückt wird, wenn mindestens eine weitere Dif-



ferenz Sample\_acc eines weiteren Fahrzeuggrades einen zweiten Grenzwert THRESH 2 überschritten hat.

8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Warnung unterdrückt wird, wenn andere im Fahrzeug vorhandene Mechanismen bzw. Verfahren eine Situation, z. B. Schlechtweg, uneinheitlicher Fahrbahnreibungswert („ $\mu$ -Split“), Fahrt auf Schnee und Eis, erkannt haben, welche die Auswertung der Radbeschleunigung beeinflusst.
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung der Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  unterdrückt wird, wenn andere die Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  beeinflussende Systeme, wie z. B. Antiblockiersystem, Traktionskontrollsystem, elektronisches Stabilitätssystem, etc., aktiv sind.
10. Computerprogrammprodukt, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses einen Algorithmus definiert, welcher ein Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 umfasst.

## **Zusammenfassung**

### **Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad wobei die Radbeschleunigung  $a_{\text{Rad}}$  ausgewertet wird. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, welches einen Algorithmus definiert, welcher ein Verfahren zur indirekten Druckverlusterkennung an einem Kraftfahrzeugrad umfasst.

(Fig. 1)